

ANALISIS FRAGMENTASI SPASIAL BERBASIS CITRA MULTITEMPORAL UNTUK MENGIDENTIFIKASI FENOMENA *URBAN SPRAWL* DI SURAKARTA

Mayca Sita Nurdiana

maycasita@gmail.com

Sri Rum Giyarsih

srirum@ugm.ac.id

Intisari

Perkembangan area perkotaan pada wilayah *peri-urban* yang memiliki pola menyebar mengakibatkan terjadinya fragmentasi pada lahan *non-urban* seperti lahan pertanian yang luas menjadi bagian yang kecil-kecil. Penginderaan jauh mampu menyajikan pola dan proses dari perkembangan area perkotaan ditinjau dari penutup/penggunaan lahan. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui efektivitas citra Landsat 5 TM dan citra Landsat 8 OLI untuk ekstraksi informasi penutup/penggunaan lahan di Surakarta, (2) mengetahui dinamika wilayah *peri-urban* pada bentanglahan perkotaan di sebagian wilayah Surakarta dan (3) mengkaji fenomena *urban sprawl* di sebagian wilayah Surakarta berdasarkan analisis fragmentasi spasial.

Klasifikasi multispektral dilakukan untuk memperoleh informasi penutup/penggunaan lahan dari citra Landsat tahun 1999 dan citra Landsat tahun 2015. Perubahan penutup/penggunaan lahan diperoleh dengan analisis *crosstab* pada hasil klasifikasi multispektral. Analisis fragmentasi spasial berupa perhitungan metrik spasial konfigurasi dan komposisi penutup/penggunaan lahan serta perhitungan indeks fragmentasi spasial dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari penjaralan area perkotaan di Surakarta kurun waktu tahun 1999 hingga tahun 2015.

Akurasi hasil klasifikasi multispektral adalah 86% pada citra Landsat tahun 1999 dan sebesar 83% pada citra Landsat tahun 2015. Dinamika wilayah *peri-urban* ditandai dengan adanya perubahan penutup/penggunaan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun. Di sebagian wilayah Surakarta rantang tahun 1999 hingga tahun 2015 pertambahan lahan terbangun adalah sebesar 30,7 km². Ditinjau dari segi pola, pada tahun 1999 Surakarta menunjukkan adanya *urban sprawl* dengan tipe mendekati *under bounded city* dan dengan pola yang linier mengikuti jalan arteri dan juga menyebar di bagian utara dan selatan. Ditinjau dari segi proses, berdasarkan hasil analisis fragmentasi spasial dari metrik spasial dan peta indeks fragmentasi spasial selama kurun waktu tahun 1999 – 2015 pertumbuhan yang terjadi tidak menunjukkan proses yang menyebar atau *sprawl* melainkan proses agregasi dikarenakan pertumbuhan area perkotaan cenderung berdekatan dengan dengan area perkotaan yang sudah ada sebelumnya.

Kata kunci :Fragmentasi Spasial, Citra Multitemporal, Perubahan Penutup/Penggunaan Lahan, *Urban sprawl*

PENDAHULUAN

Kawasan perkotaan cenderung mengalami pertumbuhan yang dinamis (Muta'ali, 2011). Pertumbuhan populasi selalu diikuti dengan pertumbuhan lahan terbangun sebagai tempat tinggal dan tempat aktivitasnya. Kebutuhan akan lahan terbangun terus meningkat sedangkan luas wilayah administrasi perkotaan cenderung tetap. Hal tersebut mendorong terjadinya pertumbuhan area perkotaan melebihi batas administrasi dari kota atau yang sering dikenal dengan istilah *urban sprawl* (Yunus, 2000). *Urban sprawl* merupakan salah satu tipe pertumbuhan kota yang tidak terkendali. Tipe ini secara umum dicirikan dengan pertumbuhan area ke arah luar secara cepat dan menyebar (Bhatta, 2012).

Jumlah penduduk Kota Surakarta tahun 2014 menurut UP3AD Kota Surakarta mencapai 586.978 jiwa dengan luas administrasi sebesar 44,04 km² sehingga kepadatan penduduknya mencapai 13.328 jiwa/ km². Pertambahan penduduk tersebut mempengaruhi pertambahan luas area terbangun. Menurut data statistik pada Surakarta dalam angka (2014) luas area permukiman pada tahun 2009 adalah 2737,48 ha, sedangkan pada tahun 2012 luasan area permukiman telah mencapai 2873,51 ha. Luas area persawahan semakin berkurang yakni pada tahun 2009 luas area persawahan sebesar 146,17 ha, sedangkan pada tahun 2012 luas area persawahan menjadi 99,46 ha. Lahan administrasi Kota Surakarta yang terbatas, sedangkan pertumbuhan yang terus meningkat menyebabkan kawasan perkotaan berkembang ke wilayah administrasi tetangga seperti Kabupaten Sukoharjo, sebagian Kabupaten

Karanganyar dan sebagian Kabupaten Boyolali.

Perkembangan area perkotaan hasil transformasi pada wilayah *peri-urban* yang memiliki pola menyebar mengakibatkan terjadinya fragmentasi pada lahan *non-urban* seperti lahan pertanian yang luas menjadi bagian yang kecil-kecil (Dewan, 2012). Transformasi pada wilayah *peri-urban* tersebut berdampak pada degradasi lingkungan seperti berkurangnya daerah hijau, resapan air maupun berkurangnya lahan subur yang dapat ditanami. Transformasi pada wilayah *peri-urban* tersebut perlu dipantau dan dikaji agar perkembangan yang terjadi sesuai dengan konsep sustainable development atau pembangunan berkelanjutan (Yunus, 2008).

Fragmentasi lahan dapat dikaji dengan menggunakan data penginderaan jauh. Penginderaan jauh memiliki keunggulan dalam pemetaan permukaan lahan yang mendukung dalam pemetaan area perkotaan yang dapat memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai pertumbuhan perkotaan dan pemekaran perkotaan (Bhatta, 2012). Penginderaan jauh juga mampu menyajikan gambaran area di permukaan bumi dengan pandangan menyeluruh atau *synoptic overview*. Keunggulan penggunaan data penginderaan jauh lainnya dalam kajian perkembangan dan pemekaran area perkotaan adalah dapat digunakan untuk kajian perkotaan secara historis karena penginderaan jauh memiliki resolusi temporal atau perekaman ulang pada lokasi yang sama yang baik (Dewan, 2012). Keunggulan penginderaan jauh yang memiliki periode *revisit time* untuk merekam wilayah yang sama tersebut

memberikan peranan penting dalam kajian proses perkembangan dan pemekaran area perkotaan. Salah satu citra penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk kajian *urban sprawl* adalah Citra sumberdaya lahan Landsat dengan resolusi spasial menengah sehingga dapat menggambarkan bentanglahan perkotaan secara menyeluruh (Rahman, 2007).

Integrasi penginderaan jauh dengan sistem informasi geografi dapat dilakukan untuk mengevaluasi terjadinya *urban sprawl*. Sistem informasi geografi mampu memetakan, memonitoring, menganalisis, dan memodelkan fenomena spasial (Prahasta, 2009). Salah satu aplikasi sistem informasi geografis yang dapat digunakan untuk melakukan kajian mengenai *urban sprawl* adalah analisis fragmentasi spasial. Analisis fragmentasi spasial dilakukan untuk mengevaluasi apakah penggunaan lahan mengalami fragmentasi atau tidak. Penggunaan lahan yang terfragmentasi merupakan salah satu karakteristik dari fenomena *urban sprawl*. Semakin tinggi tingkat fragmentasi lahan pada wilayah *peri-urban* menunjukkan semakin tinggi pula tingkat *urban sprawl* pada wilayah tersebut. Analisis fragmentasi spasial dilakukan dengan melakukan perhitungan geometri spasial bentanglahan yang meliputi komposisi dan konfigurasi dari bentanglahan (Trren dan Alberti, 2001 dalam Frenkel dan Daniel, 2011) dan dengan melihat distribusi fragmentasi pada lahan. Metrik spasial yang digunakan untuk menghitung komposisi dan konfigurasi bentanglahan serta peta fragmentasi bentanglahan membantu dalam mengidentifikasi pemecahan pola geografis yang sudah ada sebelumnya akibat dari pertumbuhan kegiatan sosial dan ekonomi (Dewan, 2012).

METODE PENELITIAN

Data dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat 5 TM tahun 1999 dan citra Landsat 8 OLI tahun 2015 yang meliputi wilayah perkotaan Surakarta. Digunakan pula citra resolusi tinggi GeoEye-1 sebagai data tambahan dalam analisis.

Preprocessing citra dilakukan untuk memperbaiki kualitas posisi dan kualitas radiometrik pada citra. *Preprocessing* citra yang dilakukan yakni koreksi radiometrik dan koreksi geometrik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah klasifikasi multispektral dengan algoritma *maximum likelihood* pada citra Landsat untuk memperoleh informasi penutup/penggunaan lahan wilayah Surakarta tahun 1999 dan tahun 2015. Pemfilteran mayoritas digunakan untuk mendapatkan hasil klasifikasi yang lebih halus dengan menghilangkan keberadaan piksel terasing pada hasil klasifikasi. Interpretasi visual dilakukan pada citra GeoEye-1 tahun 2015 untuk mendapatkan informasi penggunaan lahan perkotaan yang lebih detail.

Survei lapangan dilakukan untuk mengetahui tingkat kebenaran dari hasil klasifikasi multispektral dan hasil dari interpretasi visual. Survei lapangan didasarkan atas sampel yang telah ditentukan sebelumnya. Pada penelitian ini penentuan sampel dilakukan dengan metode stratified *random sampling*.

Analisis perubahan penutup/penggunaan lahan dilakukan pada peta penutup/penggunaan lahan hasil klasifikasi multispektral. Analisis perubahan penutup/penggunaan lahan dilakukan dengan menggunakan metode crosstab pada perangkat IDRISI. Analisis *overlay* pada peta perubahan penutup/penggunaan lahan dengan hasil

interpretasi visual dilakukan untuk mengetahui proporsi penggunaan lahan pada tingkat yang lebih detail pada area yang mengalami perubahan penutup/penggunaan lahan.

Analisis fragmentasi spasial pada penelitian ini dilakukan pada peta penutup/penggunaan lahan sebagian Surakarta tahun 1999 dan tahun 2015 dari hasil klasifikasi multispektral citra Landsat. Analisis fragmentasi spasial dilakukan dengan menggunakan pendekatan metrik spasial dan dengan algoritma moving window yang menghitung tingkat fragmentasi berdasarkan rasio antara jumlah kelas penggunaan lahan yang terdapat dalam satu jendela (*window/kernel*). Keterangan dari metrik spasial yang digunakan dijabarkan pada tabel 1 dan formula perhitungan indeks fragmentasi dijabarkan pada persamaan 1.

Tabel 1. Metrik Spasial

No	Matriks	Indeks / Keterangan	Deskripsi
1.	Shannon's Diversity Index (SHDI)	$SHDI \geq 0$, tanpa batas SHDI bernilai 0 ketika bentanglahan hanya mengandung 1 <i>patch</i>	Menghitung keberagaman bentanglahan
2.	Number of Patch (NP)	$NP \geq 1$, tanpa batas $NP = 1$, ketika bentanglahan hanya memiliki 1 <i>patch</i> dari tipe <i>patch</i> yang berhubungan	Jumlah <i>patch</i> dalam bentanglahan
3.	The Inters	Satuan = persen Rentang $0 < IJI \leq 100$	Menghitung distribusi

	<i>persion and Juxtaposition Index (IJI)</i>	IJI mendekati 0 ketika distribusi kedekatan antar <i>patch</i> yang berbeda meningkat, IJI = 100, Ketika semua tipe <i>patch</i> sama dekatnya dengan tipe <i>patch</i> yang lain	kedudukan antar kelas
4.	<i>Contagion Index (CI)</i>	Satuan = persen Rentang = $0 < CONTAG \leq 100$ CI bernilai 0 ketika distribusi kedekatan piksel dalam satu tipe jenis <i>patch</i> tidak merata. CI bernilai 100 ketika semua piksel dalam satu jenis <i>patch</i> sama dekatnya.	Menghitung distribusi kedekatan piksel dengan piksel dari <i>patch</i> lain dalam satu kelas
5.	<i>Landscape Shape Index (LSI)</i>	Tidak ada satuan Rentang $LSI \geq 1$ $LSI = 1$, ketika bentuklahan benar-benar kotak pada data raster LSI semakin tinggi nilainya ketika bentuk dari bentanglahan tidak beraturan	Mengitung rasio keliling area untuk semua bentanglahan berdasarkan rata-rata karakteristik <i>patch</i> pada level kelas dan level bentanglahan
6.	<i>Total Edge (TE)</i>	Satuan = meter Rentang $TE \geq 0$ tanpa batas TE bernilai 0 ketika tidak ada tepi dalam bentanglahan atau dalam satu bentanglahan hanya ada satu <i>patch</i>	Merupakan jumlah dari panjang tepi segmen dari tipe <i>patch</i> yang berhubungan
7.	<i>Mean Patch Size (MPS)</i>	Satuan (Hektar) Rentang > 0 , tanpa batas	Merupakan rata-rata ukuran <i>patch</i>
8.	<i>Large Patch Index (LPI)</i>	Satuan (persen) Rentang $0 < LPI \leq 100$	Merupakan prosentase dari ukuran <i>patch</i> terbesar pada setiap kelas

$$F = (n-1) / (c-1).....(1)$$

Dimana

F = Fragmentasi

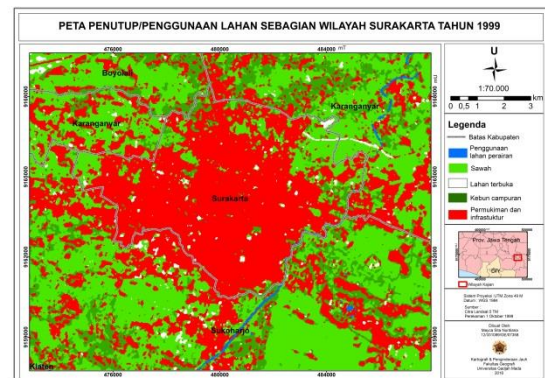
n = jumlah klas yang berbeda, yang hadir dalam jendela (kernel)

c = jumlah sel di setiap jendela

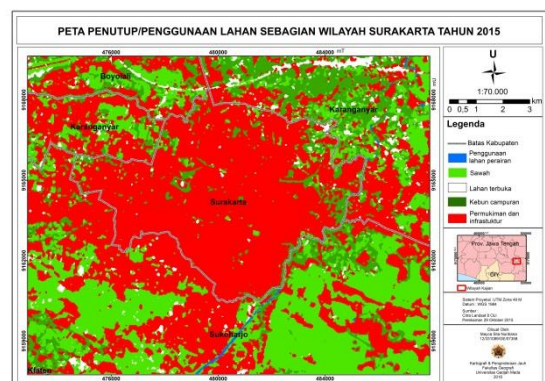
HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi multispektral pada penelitian ini dilakukan pada citra Landsat 8 OLI tahun 2015 dan citra Landsat 5 TM tahun 1999 terkoreksi. Skema klasifikasi yang digunakan mengacu pada skema klasifikasi penggunaan lahan multiguna berdasarkan dimensi sosial ekonomi yang dikembangkan oleh Danoedoro. Dikarenakan keterbatasan dalam mengenali objek secara detail pada citra Landsat, maka klasifikasi tidak didetailkan pada penggunaan lahan. Kelas penggunaan lahan permukiman dan infrastruktur digabung dengan kelas komersial industri dan jasa serta kelas transportasi, komunikasi dan utilitas menjadi kelas lahan terbangun dikarenakan sulitnya membedakan objek perkotaan secara detail pada citra dengan resolusi spasial 30 meter. Selain dilakukan penggabungan kelas dikarenakan keterbatasan dalam membedakan objek pada citra, dilakukan pula penambahan kelas yang tidak tercantum dalam skema klasifikasi yang direncanakan karena terdapat kenampakan objek pada citra yang tidak tercantum dalam skema klasifikasi yang digunakan, yakni objek lahan kosong. Dengan demikian klasifikasi yang dilakukan tidak terspesifikasi pada penggunaan lahan melainkan tidak didetailkan antara penutup atau penggunaan lahan. Terdapat lima kelas penutup/penggunaan lahan pada penelitian ini yang terklasifikasikan

berdasarkan klasifikasi multispektral pada citra Landsat yakni meliputi kelas lahan terbangun, sawah, kebun campuran, penggunaan perairan, dan lahan kosong. Hasil klasifikasi multispektral ditunjukkan oleh gambar 1a dan 1b.



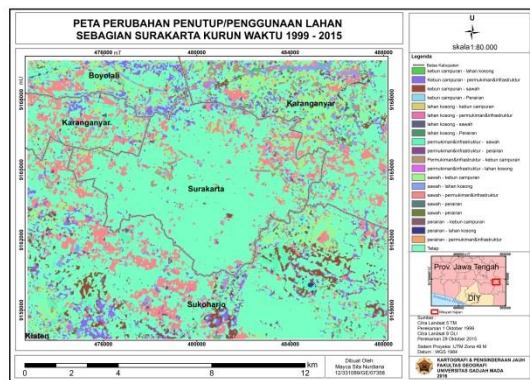
Gambar 1a. Penutup/Penggunaan Lahan tahun 1999



Gambar 1a. Penutup/Penggunaan Lahan tahun 1999

Uji akurasi dilakukan pada peta hasil klasifikasi multispektral dan peta hasil interpretasi visual. Uji akurasi dilakukan dengan menggunakan metode *confusion matrix*. Hasil uji akurasi penutup/penggunaan lahan tahun 1999 memiliki nilai *overall accuracy* sebesar 86% dengan indeks kappa sebesar 81%. Serta hasil klasifikasi multispektral citra landsat tahun 2015 adalah 83% dengan indeks kappa sebesar 77%. Akurasi dari peta penggunaan lahan tahun 2015 hasil interpretasi visual adalah 83% dengan indeks kappa sebesar 80%.

Perubahan penutup/penggunaan lahan diperoleh dengan membandingkan peta penutup/penggunaan lahan tahun 1999 dan tahun 2015 yang telah dibuat sebelumnya. Analisis perubahan penutup/penggunaan lahan dilakukan dengan menggunakan analisis *change/time series* yakni *crosstab* yang menghasilkan peta perubahan penutup/penggunaan lahan serta matriks perubahan. Hasil perubahan penutup/penggunaan lahan ditunjukkan pada gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2 Perubahan Penutup/Penggunaan Lahan

Berdasarkan peta perubahan penutup / penggunaan lahan tersebut dapat dilihat bahwa perubahan penutup/penggunaan lahan banyak terjadi di wilayah perbatasan antara Kota Surakarta dengan wilayah administrasi di sekitarnya. Perubahan penutup/penggunaan lahan terjadi baik di dalam wilayah administrasi Kota maupun di luar wilayah administrasi Kota. Perubahan yang paling banyak terjadi yakni dari kelas penutup/penggunaan lahan berupa sawah menjadi kelas penutup/penggunaan lahan berupa permukiman dan infrastruktur yakni seluas 20,1429 km². Pertumbuhan fisik perkotaan ditandai dengan bertambahnya luas area terbangun dari area yang sebelumnya

merupakan area non terbangun. Selama kurun waktu tahun 1999 hingga tahun 2015 terjadi pertambahan area terbangun sebanyak 30,7 km² di sebagian wilayah Surakarta.

Berdasarkan kalkulasi hasil perubahan penutup/penggunaan lahan dari citra Landsat tahun 1999 dan tahun 2015 dengan overlay hasil intepretasi visual citra GeoEye 1 tahun 2015 dapat diketahui prosentase penambahan luas kelas permukiman dan inrastruktur pada setiap sub kategori, permukiman kota yang paling banyak mengalami penambahan yakni sebesar 51 % yang disusul dengan permukiman desa yakni sebesar 20%, kemudian untuk kepentingan area industri 6 % dan area komersial dan jasa sebesar 13%. Dilihat pada peta penambahan area terbangun, penambahan banyak terjadi di bagian selatan Kota Surakarta yakni di Kecamatan Baki yang berbatasan langsung dengan Kota Surakarta dan Kecamatan Grogol tepatnya di kawasan Solo Baru. Penambahan di utara yakni di Kecamatan Banjarsari bagian utara, Kecamatan Jebres bagian utara dan Kecamatan Gondangrejo Kabupaten Karanganyar. Penambahan kelas permukiman dan infrastruktur di bagian timur terjadi di Palur Kecamatan Jaten Kabupaten Karanganyar. Serta penambahan di bagian barat yakni di Kecamatan Colomadu Kabupaten Karanganyar dan Kecamatan Kartasura Kabupaten Sukoharjo.

Pola dan proses dari *urban sprawl* dapat dianalisis berdasarkan hasil dari perhitungan metrik spasial dan infeksi fragmentasi spasial. Metrik yang dipilih untuk dihitung pada penelitian ini adalah *agregation metric* yang meliputi *number of patch*, *shannon's diversity index*, *interspersions and juxtaposition index*, *contagion index*, dan *landscape shape*

index, serta *area metric* yang meliputi *total edge*, *largest patch index* dan *mean patch size*. Hasil perhitungan metrik spasial pada penutup/penggunaan lahan tahun 1999 dan 2015 dijabarkan pada tabel 2a dan 2b sebagai berikut:

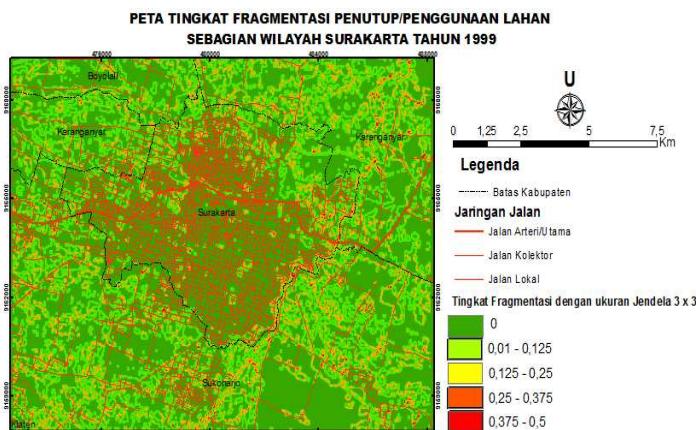
Tabel 2a Metrik Spasial Tahun 1999

1999							
Kelas	NP	MPS(Ha)	TE(meter)	LSI(%)	LJI(%)	LPI (%)	
Permukiman dan Infrastruktur	1142	6,77	1098270	31,6	64,5	26,4	
Sawah	1003	7,63	1186230	34,7	68,6	6,6	
Kebun Campuran	1377	1,84	861600	43,3	56,8	1,07	
Lahan Kosong	375	0,73	134790	20,3	58,9	0,05	
Perairan	61	1,94	51030	11,9	78,9	0,18	
	NP	MPS(Ha)	TE(meter)	LSI(%)	CONTAG(%)	LJI(%)	SHDI
Bentanglahan	3958	4,63	1665960	31,7	50	63,8843	1,098

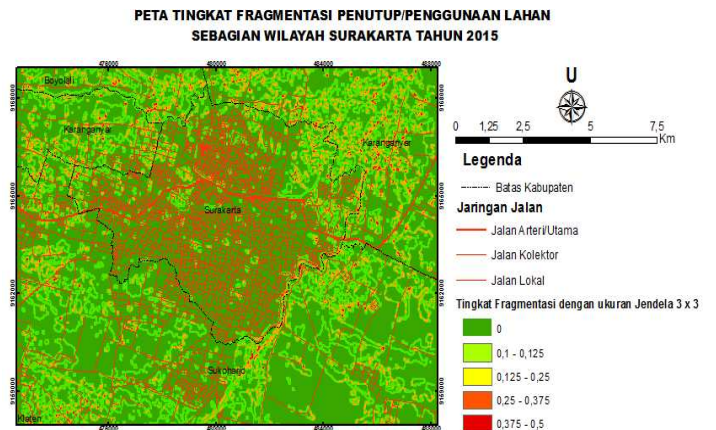
Tabel 2b Metrik Spasial Tahun 2015

2015							
Kelas	NP	MPS(Ha)	TE(meter)	LSI(%)	LJI(%)	LPI (%)	
Permukiman dan Infrastruktur	510	19,34	944190	24,2	70,3	37,37	
Sawah	1082	4,81	874770	31	73,7	6,11	
Kebun Campuran	1141	2,3	816390	40	71,1	2,7	
Lahan Kosong	719	0,73	249630	27,5	79,9	0,28	
Perairan	66	1,05	36300	10,8	83	0,12	
	NP	MPS(Ha)	TE(meter)	LSI(%)	CONTAG	LJI(%)	SHDI
Bentanglahan	3518	5,21	1460640	27,9	51,5	72,0741	1,094

Analisis fragmentasi spasial juga dilakukan dengan perhitungan indeks fragmentasi spasial berdasarkan algoritma jendela bergerak dengan menggunakan perangkat IDRISI. Ukuran jendela bergerak yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3x3 yang jika diterapkan pada citra Landsat berarti ukuran area observasi adalah 8100 m². Gambar 3a dan 3b berikut ini merupakan peta dari hasil perhitungan indeks fragmentasi spasial.



Gambar 3a Peta Fragmentasi tahun 1999



Gambar 3b Peta Fragmentasi tahun 2015

Ditinjau dari segi pola berdasarkan hasil dari analisis fragmentasi spasial baik dari perhitungan metrik spasial maupun peta indeks fragmentasi spasial, pada tahun 1999 pertumbuhan area perkotaan di Surakarta sudah dominan ditandai dengan nilai MPS permukiman dan infrastruktur yang lebih besar dibandingkan dengan kelas lainnya. Dilihat dari peta fragmentasi, area yang terfragmentasi banyak terdapat di perbatasan antara Kota Surakarta dengan kabupaten lainnya. Pola fragmentasi mengikuti bentuk batas administrasi dan juga linier mengikuti jalan arteri. Berdasarkan peta penutup/penggunaan lahan yang dihasilkan, dengan melihat pada kelas permukiman dan infrastruktur, penjarangan area perkotaan atau *urban sprawl* di Surakarta pada tahun 1999 hampir sebagian besar memiliki tipe *under bounded city* yakni penjarangan area perkotaan yang telah melebihi batas administrasi Kota. Meskipun demikian masih terdapat beberapa bagian wilayah Kota Surakarta yang masih memiliki kenampakan area *non-urban* seperti yang terdapat pada Kota Surakarta bagian utara yakni pada Kecamatan Jebres bagian utara dan Kecamatan Banjarsari Bagian Utara serta di sebagian Kecamatan Lawean bagian barat. Pada bagian tersebut

penjalaran area perkotaan masih berada pada tipe *over bounded city* yakni penjalaran area perkotaan yang tidak melebihi batas administrasi kota.

Dilihat dari peta fragmentasi spasial hasil perhitungan indeks fragmentasi spasial pada tahun 2015 terjadi pengurangan area terfragmentasi di bagian utara Kota Surakarta tepatnya di bagian Kecamatan Banjarsari bagian utara, Kecamatan Jebres bagian utara. Akan tetapi terjadi pergeseran area terfragmentasi dibandingkan pada tahun 1999, area terfragmentasi bergeser menjadi di sekitar Kabupaten Karanganyar. Hal tersebut terjadi karena pelebaran morfologi area perkotaan. Pergeseran area terfragmentasi juga terjadi di bagian selatan yakni di Kecamatan Baki Kabupaten Sukoharjo. Peningkatan area terfragmentasi terjadi di sepanjang jalan arteri yang menghubungkan Kota Surakarta dengan Kabupaten di sekitarnya. Secara umum pola *urban sprawl* di tahun 2015 masih tampak sama dengan tahun 1999, akan tetapi terjadi pula penjalaran area perkotaan yang cenderung konsentris di bagian utara yakni di Kecamatan Banjarsari bagian utara, Kecamatan Jebres bagian utara, dan Kecamatan Gondangrejo Kabupaten Karanganyar dan juga di bagian selatan yakni pada Kecamatan Baki dan Kecamatan Grogol Kabupaten Sukoharjo.

Berdasarkan perhitungan metrik spasial pada tingkat bentanglahan di tahun 1999 dan tahun 2015 dapat dilihat bahwa penutup/penggunaan lahan pada bentanglahan cenderung menjadi lebih kompak. Jumlah patch pada bentanglahan wilayah kajian selama kurun waktu 1999 hingga 2015 mengalami penurunan dari 3958 menjadi 3581. Penurunan jumlah patch menunjukkan bahwa patch yang

sebelumnya banyak dan berjumlah lebih kecil mengalami peningkatan konektivitas dengan patch pada kelas yang sama sehingga bergabung menjadi satu patch dengan area yang lebih luas sehingga kelas penutup/penggunaan lahan menjadi lebih kompak dan teragregat. Penurunan nilai TE dan LSI yang sebelumnya 1665960 dan 31,7 menjadi 1460640 dan 27,9 menunjukkan kompleksitas bentuk penutup/penggunaan lahan berkurang. Peningkatan ukuran patch rata-rata yakni dari 4,63 ha menjadi 5,21 ha juga menunjukkan bahwa patch menjadi lebih teragregat. Keberagaman bentanglahan pada tahun 1999 ke tahun 2015 juga mengalami penurunan yakni dari 1,098 menjadi 1,094. Penurunan keberagaman tersebut menunjukkan bentanglahan yang menjadi lebih rumpun dan patch pada kelas yang sama memiliki konektivitas yang lebih tinggi. Peningkatan nilai contagion pada bentanglahan tahun 1999 hingga tahun 2015 dari 50 menjadi 51,5 menunjukkan bahwa bentanglahan lebih kompak atau rumpun.

Berdasarkan hasil overlay peta fragmentasi tahun 1999 dengan peta fragmentasi tahun 2015, area yang mengalami penurunan nilai indeks lebih besar dibandingkan dengan area yang mengalami peningkatan nilai indeks fragmentasi. Penurunan indeks fragmentasi tersebut dikarenakan pembangunan permukiman dan infrastruktur pada area yang sebelumnya terfragmentasi, sehingga terjadi pengisian area permukiman dan infrastruktur menyebabkan peningkatan konektivitas pada permukiman dan infrastruktur yang sudah ada sebelumnya sehingga obyek permukiman dan infrastruktur menjadi lebih kompak. Ditinjau dari segi proses, selama tahun 1999 hingga tahun 2015, penjalaran area

perkotaan atau *urban sprawl* di Surakarta tidak menunjukkan adanya proses yang menyebar. Proses penjarangan area perkotaan justru menuju pada kerumpunan dikarenakan pertumbuhan permukiman dan infrastruktur yang terjadi cenderung berdekatan dengan permukiman dan infrastruktur yang sudah ada sebelumnya. Dengan demikian bentanglahan menjadi lebih kompak dikarenakan kelas permukiman dan infrastruktur menjadi lebih dominan.

KESIMPULAN

1. Dinamika wilayah *peri-urban* di Surakarta ditandai dengan adanya perubahan penutup/penggunaan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun. Perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun di wilayah Surakarta rantang tahun 1999 hingga tahun 2015 adalah sebesar 30,7 km² dengan komposisi 29,5 % dari kebun campuran, 4,4 % dari lahan kosong, 65,8% dari area persawahan dan 0,13% dari tubuh air. Pertambahan area terbangun tersebut banyak dimanfaatkan untuk permukiman kota sebesar 51%, permukiman desa sebesar 20%, area komersial dan jasa sebesar 13% , area industri sebesar 6%, transportasi sebesar 3% dan sisanya untuk peruntukan lainnya.
2. Ditinjau dari segi pola, pada tahun 1999 Surakarta menunjukkan adanya *urban sprawl* dengan tipe mendekati under bounded city dan dengan pola yang linier mengikuti jalan arteri dan juga menyebar di bagian utara dan selatan. Ditinjau dari segi proses, berdasarkan hasil analisis fragmentasi spasial dari metrik spasial dan peta indeks fragmentasi spasial selama kurun waktu tahun 1999 – 2015 pertumbuhan yang terjadi tidak menunjukkan proses yang menyebar atau

sprawl melainkan proses agregasi dikarenakan pertumbuhan area perkotaan cenderung berdekatan dengan dengan area perkotaan yang sudah ada sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Surakarta. (2014). *Kota Surakarta dalam Angka 2014*. Surakarta: Badan Pusat Statistik
- Bhatta, Basudep. (2012). *Urban Growth Analysis and Remote Sensing: A Case Study of Kolkata, India 1980-2010*. New York London : Springer
- Dewan, Ashraf M., Yasushi Yamaguchi., Md. Ziaur Rahman. (2012). Dynamics of land use/cover changes and the analysis of Landscape fragmentation in Dhaka Metropolitan, Bangladesh. *GeoJournal* , 77, hal. 315–330.
- DPPAD Jateng (2014). *Unit Pelayanan Pendapatan dan Pengelolaan Aset Daerah Kota Surakarta*. Diakses tanggal 19 Juli 2015 dari :<http://dppad.jatengprov.go.id/up3ad-kota-surakarta/>
- Frenkel., dan Daniel. (2011). A Pluralistic Approach to Defining and Measuring Urban Sprawl. Dalam Xiaojun Yang (Editor), *Urban Remote Sensing :Monitoring, Synthesis and Modeling in The Urban Environment*. (Bagian 12 hal 166-181). New York : Jon Wiley & Sons .Ltd.
- Muta'ali,Luthfi. (2011). *Kapita Selekta Pengembangan Wilayah*. Yogyakarta: Badan Penerbit Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Prahasta, Eddy. (2009). *Sistem Informasi Geografis*. Bandung: Informatika.
- Rahman, Atiqur. (2007). Application of Remote Sensing and GIS Technique for Urban Environmental Management and Sustainable Development of Delhi, India. Dalam Maik Netzband (Editor), *Applied*

Remote Sensing for Urban Planning, Governance and Sustainability (Bagian 8 Halaman 165 – 193). New York : Springer.

Yunus, Hadi Sabari. (2000). *Struktur Tata Ruang Kota*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar

Yunus, Hadi Sabari, (2008). *Dinamika Wilayah Peri Urban Determinan Masa Depan Kota*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar